

Applicant's copy

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平2-39528

⑬ Int.Cl.³

H 01 L 21/285
21/205
21/28

識別記号

C

3 0 1 S

庁内整理番号

7738-5F
7739-5F
7738-5F

⑭ 公開 平成2年(1990)2月8日

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全5頁)

⑮ 発明の名称 金属シリサイド膜の形成方法

⑯ 特 願 昭63-190391

⑰ 出 願 昭63(1988)7月29日

⑱ 発 明 者 川 西 康 彦 東京都新宿区西新宿1丁目26番2号 東京エレクトロン株式会社内

⑲ 発 明 者 村 上 誠 志 東京都新宿区西新宿1丁目26番2号 東京エレクトロン株式会社内

⑳ 出 願 人 東京エレクトロン株式 東京都新宿区西新宿1丁目26番2号
会社

㉑ 復代理人 弁理士 須山 佐一

PTO 96-0752

S.T.I.C., Translations Branch

明 細 書

1. 発明の名称

金属シリサイド膜の形成方法

2. 特許請求の範囲

第1の処理温度で被処理基板上に第1の金属シリサイド膜を形成する工程と、前記第1の処理温度よりも高い第2の処理温度で前記第1の金属シリサイド膜と同部材の第2の金属シリサイド膜を形成する工程とを具備してなることを特徴とする金属シリサイド膜の形成方法。

3. 発明の詳細な説明

〔発明の目的〕

(産業上の利用分野)

本発明は WSi_2 、 $MoSi_2$ 、 $TiSi_2$ 等の種々の金属シリサイド膜の形成方法に関する。

(従来の技術)

近年の高集積化された半導体デバイス例えば、VLSI等における重要な問題として、動作速度の制約を与える寄生抵抗の問題があり、MOSデバイスでは、ゲート抵抗、ソース/ドレイン抵抗、

コンタクト抵抗が動作速度を左右する大きな要因となっている。このような寄生抵抗は、素子の微細化につれて大きくなるため、これらの抵抗を下げるために WSi_2 、 $MoSi_2$ 、 $TiSi_2$ 等の金属シリサイド膜を用いる技術が開発されている。

このようなシリサイド膜の形成方法の一つとして、CVD法による成膜方法が用いられている。

CVD法による成膜方法では、反応容器内の被処理基板設置台例えばカーボングラファイトからなるサセプタに被処理基板例えば半導体ウエハを設置し、サセプタを加熱して半導体ウエハを所定の温度下例えば800℃以上で、原料ガス例えば SiH_4 、 C_2 と WF_6 の混合ガスにより WSi_2 膜を成膜していた。

(発明が解決しようとする課題)

しかしながら、上述した従来のCVD法による金属シリサイドの成膜方法では、被処理基板を設置するサセプタ表面と被処理基板表面とが異なる材質であるため、金属シリサイドの成長率が不

安定となり、膜厚や比抵抗値等のユニフォミティが著しく悪化するという問題があった。

この金属シリサイドの成長率が不安定となる原因について以下に説明する。

例えば、第5図(a)に示すように、カーボングラファイトからなるサセプタ1にシリコン基板2を載置して連続処理する場合では、サセプタ1上には前作業時においてWSi₂膜3がすでに形成されており、表面にWSi₂膜3が着膜されたサセプタ1上にシリコン基板2が当接された状態となっている。

一般に被処理基板表面やサセプタ表面等は、原料ガスの触媒としても作用するため、上記状態即ち、シリコン基板2表面の材質例えばポリシリコン膜4等とサセプタ1上に前作業で形成されているWSi₂膜3とが異なる物質であると、これらシリコン基板表面とサセプタ表面とでは原料ガスの反応速度に相違が生じる。

特に上述した状態では、ポリシリコン膜4に対してWSi₂膜3の方が触媒としての作用が大き

いことから、処理開始段階ではシリコン基板両端部のWSi₂膜の着膜量がシリコン基板中央部よりも多くなり、シリコン基板2上に形成されるWSi₂膜5のユニフォミティが悪化することになる。

また、上記問題を解決するためにWSi₂膜等の金属シリサイド膜を低温例えば360℃の処理温度下で成膜する方法も考えられているが、このような低温処理により形成したWSi₂膜は、基板との密着性が悪く、またステップガバレージが悪化するという問題があった。さらには成膜時間が非常に長くなり生産性の低下を招く等の多くの問題があった。

本発明方法は、上述した問題点を解決するためになされたもので、ユニフォミティの良い成膜が可能で、しかも成膜時間が短く生産性に優れた金属シリサイド膜の形成方法を提供することを目的とするものである。

【発明の構成】

(課題を解決するための手段)

本発明の金属シリサイド膜の形成方法は、第1の処理温度で被処理基板上に第1の金属シリサイド膜を形成する工程と、前記第1の処理温度よりも高い第2の処理温度で前記第1の金属シリサイド膜と同部材の第2の金属シリサイド膜を形成する工程とを具備してなることを特徴とするものである。

(作用)

本発明は、被処理基板上に、まず所定の処理温度で第1の金属シリサイド膜を形成し、この膜上方にさらに高温の処理温度で第1の金属シリサイド膜と同部材の第2の金属シリサイド膜を形成することにより、ユニフォミティに優れた金属シリサイド膜を形成することが可能となる。

(実施例)

以下、本発明方法をWSi₂膜の成膜方法に適用した一実施例について図を参照して説明する。

反応容器内に配設された被処理物載置台例えばサセプタ11上には、連続処理のため、前処理時に着膜されたWSi₂膜12が形成されている。

このようなサセプタ11に被処理基板例えば表面にポリシリコン13の形成されたシリコン基板14を配置した後、反応容器内を所定の真空度を保持するようにして原料ガス例えばSiH₄ + WF₆の混合ガスを導入する。このときの処理温度は、低温度例えばシリコン基板14が360℃の温度となるようにサセプタ11を加熱し、厚さが例えば900ÅのWSi₂膜15を形成する(以下、このWSi₂膜を低温WSi₂膜と称する)。

こうして、低温WSi₂膜15を成膜した後、一旦シリコン基板14を図示を省略した搬送機構により反応室外例えば真空ロードロック室へと搬出する。

この後、反応容器内を高温WSi₂成膜処理雰囲気とし、再びシリコン基板14を反応容器内に搬入する。そしてサセプタ11によりシリコン基板14を高温例えば680℃まで昇温させた後、原料ガスとして例えばSiH₄ + C₂H₂ + WF₆ガスを反応容器内に導入して約1時間の成膜処理を

行い、厚さ2900ÅのWSI₂膜16を形成する
(以下、このWSI₂膜を高温WSI₂膜と称する)。こうしてシリコン基板14上に厚さ3800ÅのWSI₂膜が形成される(第1図(b))。

このように、シリコン基板14表面にまずサセプタ11表面と同一物質の薄膜を形成しておくことで、本処理の際に原料ガスとの反応が均等になり、均一な薄膜が得られる。

低温WSI₂膜15は、サセプタ11の表面部材と同一の触媒として作用するだけのいわゆる下地膜であればよいので、最終的に必要とされるWSI₂膜厚よりも非常に薄いものでよく、従って、低温処理により薄くかつ均一な膜に形成することがよい。

上述方法と従来方法との比較実験を行ったので第2図にこの実験結果を示す。

第2図(a)は本実施例方法による実験結果を示し、第2図(b)は従来の高温処理による成膜方法の実験結果を示している。図中、半導体ウエハ14のX、Y軸方向に記載した数値は、夫々の

部位のシート抵抗値(単位Ω/□)を示している。また、実験に使用した半導体ウエハ14は、5インチ径のシリコンウエハで、その表面にSiO₂膜が形成されているものを用いた。

実験条件は次頁の通りである。

実験条件

実施例方法	従来方法
(1) 低温処理工程	(1) 高温処理工程のみ
処理温度 380℃	処理温度 680℃
原料ガス	原料ガス
VF ₆ + SiH ₄	VF ₆ + SiH ₂ Cl ₂
処理時間	処理時間
100sec	200sec
膜厚 900Å	膜厚 2900Å
(2) 高温処理工程	
処理温度 680℃	
原料ガス	
VF ₆ + SiH ₂ Cl ₂	
処理時間	
200sec	
膜厚 2900Å	

この実験結果を以下の表にまとめた。

実験結果表

	実施例方法	従来方法
膜厚	3800Å	2900Å
ユニフォミティ	± 7.84%	± 15.14%
比抵抗	1150	1100
	μΩ・cm	μΩ・cm

このような比較実験による結果は、上記表および第2図からあきらかなように、従来方法よりも膜厚のユニフォミティが向上し、シート抵抗値が均一となった。また実施例方法により求めたユニフォミティは、低温WSI₂膜成膜時のユニフォミティも考慮した数値であるので、低温WSI₂膜の均一性をさらに向上させるように成膜制御を行えば、より均一性の向上が図れる。

尚、本実施例方法によれば、シリコン基板14上に夫々膜質の若干異なる低温WSI₂膜15と高温WSI₂膜16とが形成される訳であるが、後工程において、アニール処理することにより、

低温WSI膜15が高温WSI膜16中に拡散されて均一化するので、膜質の相違による問題は発生しない。また、アニール処理後のWSI膜は従来の高温処理によるWSI膜と同等の膜質であるので、被処理基板との密着性も従来方法のものと同ら変わりはない。

ところで、本発明方法を実現するCVD装置としては、種々のものが考えられるが、例えば第3図に示すように、真空ロードロック室21を中心に複数のチャンバを隔えたマルチチャンバ型CVD装置を使用する場合には、例えば第1のチャンバ22をクリーニング処理用チャンバ、第2のチャンバ23を低温WSI膜成膜用チャンバ、第3のチャンバ24を高温WSI膜成膜用チャンバとして構成し、被処理基板25を真空ロードロック室21を介してこれらチャンバ22、23、24に順次移動させて処理を行えばよい。

また、第4図に示すようなシングルチャンバ型CVD装置を使用する場合には、被処理基板25の低温処理を終了した後、被処理基板25をチャ

ンバ31から真空ロードロック室32内へ一旦搬出させ、チャンバ31内を高温処理用の雰囲気とした後、再び被処理基板25をチャンバ31内に搬入して処理を行えばよい。

尚、上記各装置による処理に際しては、いずれも搬送中は真空雰囲気中に保持されていることが望ましい。

上述実施例では、金属シリサイド膜として、WSI膜の形成方法について説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、例えばMoSi₂、TiSi₂等の他の金属シリサイド膜の形成方法にも適用可能である。

このように、本発明方法は、既存のCVD装置を用いても容易に適用可能であり、かつその適用した効果は大である。

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、被処理基板との密着性、ユニフォミティに優れた成膜が可能で、しかも成膜時間が短く生産性に優れた金属シリサイド膜の形成方法が実現できる。

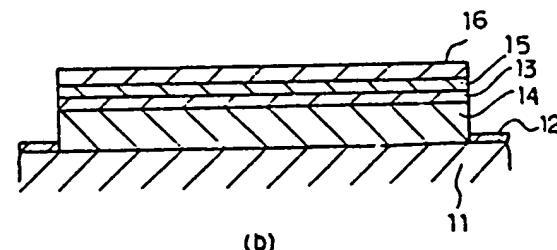
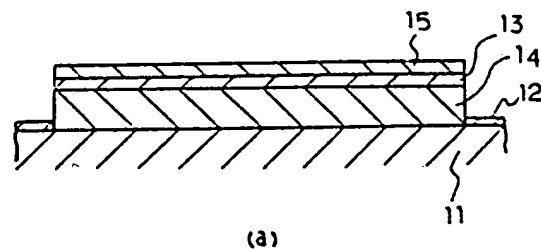
図面の簡単な説明

4. 発明の詳細な説明

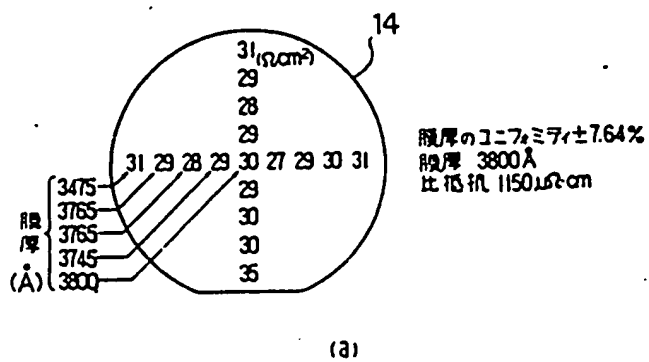
第1図は本発明の一実施例方法によるWSI膜の成膜方法を説明するための被処理基板の断面図、第2図は実施例方法と従来方法との比較実験結果を示す図、第3図および第4図は本発明方法を適用するCVD装置の例を示す図、第5図は従来の成膜方法を説明するための被処理基板の断面図である。

11……サセブタ、12……WSI膜、13……ポリシリコン膜、14……シリコン基板、15……低温WSI膜、16……高温WSI膜。

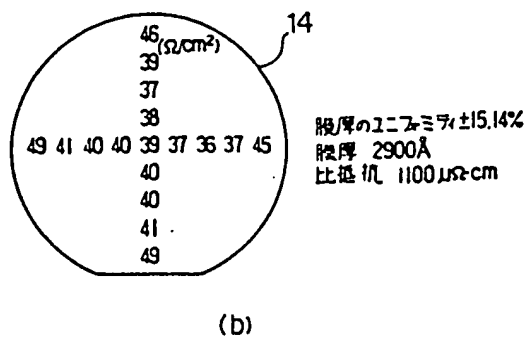
出願人 東京エレクトロン株式会社
代理人 弁理士 須山 佐一



第1図

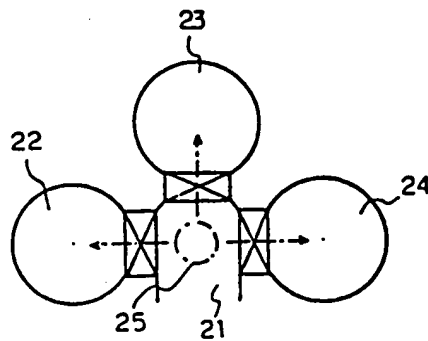


(a)

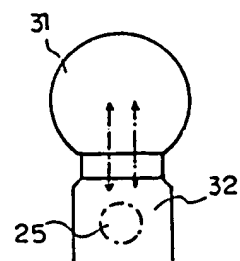


(b)

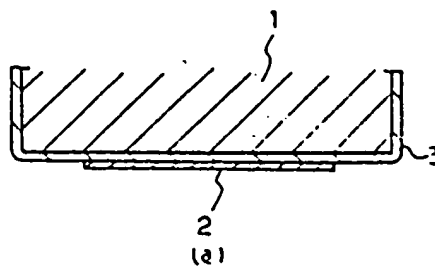
第 2 図



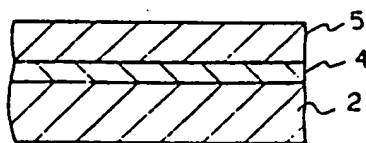
第 3 図



第 4 図



(a)



(b)

第 5 図

PTO 95-126

Japanese Kokai Patent Application
No. Hei 3[1991]-32817-60-34528

METHOD FOR FORMING A METAL SILICIDE FILM

Yasuhiko Kawanishi and Seiji Murakami

UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE
WASHINGTON, D.C. NOVEMBER 1995
TRANSLATED BY THE RALPH MCELROY TRANSLATION COMPANY

PTO 95-126

Japanese Kokai Patent Application
No. Hei 3[1991]-32817-01-39528

METHOD FOR FORMING A METAL SILICIDE FILM

Yasuhiko Kawanishi and Seiji Murakami

UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE
WASHINGTON, D.C. NOVEMBER 1995
TRANSLATED BY THE RALPH MCELROY TRANSLATION COMPANY

Code: PTO 96-126

JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT JOURNAL

08-39588

KOKAI PATENT APPLICATION NO. HEI 3[1991]-32817

Int. Cl.⁵: H 01 L 21/285
21/205
21/28

Sequence Nos. for Office Use: C 7738-5F
7739-5F
S 7738-5F

Application No.: Sho 53[1988]-190391

Application Date: July 29, 1988

Publication Date: February 8, 1990

No. of Claims: 1 (Total of 5 pages)

Examination Request: Not requested

METHOD FOR FORMING A METAL SILICIDE FILM

[Kinzoku silisaido maku no keisei hoho]

Inventors: Yasuhiko Kawanishi
Seiji Murakami

Applicant: Tokyo Electron Ltd.

[There are no amendments to this patent.]

Claim

A method for forming a metal silicide film, characterized by the fact that it is equipped with a process for forming a first metal silicide film at a first treatment temperature on a substrate to be treated and a process for forming a second metal silicide film of the same components as the above-mentioned first metal silicide film at a second treatment temperature higher than the above-mentioned first treatment temperature.

Detailed explanation of the invention

Purpose of the invention

Industrial application field

This invention pertains to a method for forming various metal silicide films such as WSi_2 , MoSi_2 , and TiSi_2 .

Prior art

As an important problem in a recent high-integration semiconductor devices, for example, VLSI, etc., a parasitic resistance which limits the operation speed, and in a MOS device, gate resistance, source/drain resistance, and contact resistance greatly controls the operation speed. Because such a parasitic resistance is increased with the miniaturization of an element, a

technique for using a metal silicide film such as WSi_2 , MoSi_2 , and TiSi_2 is developed to lower its resistance.

As one of the methods for forming such a silicide film, a method for forming a film by a CVD method is used.

In the method for forming a film by the CVD method, a substrate to be treated, for example, a semiconductor wafer, was mounted on a mounting stand for a substrate to be treated in a reactor, and the temperature of the semiconductor wafer was raised to a prescribed temperature such as 600°C or higher by heating a susceptor. Then, a raw material gas such as a mixed gas of SiH_2C_2 and WF_6 was deposited on it to form a WSi_2 film.

Problem to be solved by the invention

However, in the above-mentioned conventional method for forming a metal silicide by the CVD method, because the susceptor surface on which a substrate to be treated was mounted and the surface of the substrate to be treated were different in material quality, the growth rate of the metal silicide was unstable, and the uniformity of film thickness, resistivity, etc., was markedly deteriorated.

The reason why the growth rate of the metal silicide is unstable is explained below.

For example, as shown in Figure 5(a), in case a silicon substrate 2 is mounted on a susceptor 1 made of carbon graphite and continuously treated, a WSi_2 film 3 has already been formed on the susceptor 1 in the preparation, and the silicon substrate

2 makes a contact with the surface of the susceptor 1 on which the WSi_2 film 3 is deposited.

In general, because the surface of a substrate to be treated, the surface of a susceptor, etc., also function as a catalyst for the raw material gas in the above-mentioned state, that is, if the material of the surface of the silicon substrate 2, such as a polysilicon film 4, and the WSi_2 film 3 formed on the susceptor 1 in the preparation are different, a difference is generated in the reaction rate of the raw material gas between the silicon substrate surface and susceptor surface.

In particular, in the above-mentioned state, because the WSi_2 film 3 has a larger catalyst function than that of the polysilicon film 4, the amount of WSi_2 film deposited at the peripheral edge of the silicon substrate is larger than that at the central part of the silicon substrate, and the uniformity of the WSi_2 film 5 to be formed on the silicon film 2 is deteriorated.

Also, in order to solve the above-mentioned problems, a method for forming a metal silicide film such as WSi_2 film at a low treatment temperature such as 360°C was also considered; however, the WSi_2 film formed by such a low-temperature treatment had a poor adhesion with the substrate and a poor step coverage. Furthermore, the film formation time was lengthened greatly, and the productivity was decreased.

The method of this invention solves the above-mentioned problems, and its purpose is to provide a method for forming a metal silicide film which can form a film with favorable

uniformity in a short film formation time with an excellent productivity.

Constitution of the invention

Means to solve the problem

The method for forming a metal silicide film of this invention is characterized by the fact that it is equipped with a process for forming a first metal silicide film at a first treatment temperature on a substrate to be treated and a process for forming a second metal silicide film of the same member as the above-mentioned first metal silicide film at a second treatment temperature higher than the above-mentioned first treatment temperature.

Function

In this invention, a first metal silicide film is first formed at a prescribed treatment temperature, and a second metal silicide film of the same components as the first metal silicide film is formed at a higher treatment temperature on the film, so that a metal silicide film with excellent uniformity can be formed.

Application example

Next, an application example in which the method of this invention is applied to a method for forming a WSi_2 film is explained with reference to the figures.

On a mounting stand for a substrate to be treated, such as a susceptor 11, arranged in a reactor, a WSi_2 film 12 deposited in the preparation is formed for a continuous treatment.

After a substrate to be treated, such as a silicon substrate 14 in which a polysilicon 13 is formed on the surface, is arranged on the susceptor 11, the inside of the reactor is held to a prescribed degree of vacuum, and a raw material gas such as a mixed gas of $\text{SiH}_4 + \text{WF}_6$ is introduced. The susceptor 11 then is heated so that the treatment temperature of the silicon substrate 14 can be a low temperature such as a temperature of 360°C , and a WSi_2 film 15 with a thickness of 900 \AA is formed (hereinafter, refer the WSi_2 film as a low-temperature WSi_2 film). (1100 sec)
(1000 sec)

Thus, after the low-temperature WSi_2 film 15 is formed, the silicon substrate 14 is once conveyed to a reaction chamber such as a vacuum loadlock chamber by a conveying mechanism, which is omitted from the figure.

Then, the inside of the reactor is adjusted to a treatment atmosphere for forming a high-temperature WSi_2 film, and the silicon substrate 14 is carried again into the reactor. Next, after the temperature of the silicon substrate 14 is raised to a high temperature such as 680°C by the susceptor 11, for example, $\text{SiH}_2\text{Cl}_2 + \text{WF}_6$ gas, etc., are introduced as a raw material gas into the reactor, and a film formation treatment is carried out for

about 1 h, so that a WSi_2 film 16 with a thickness of 2900 Å is formed (hereinafter, refer the WSi_2 film as a high-temperature WSi_2 film). Thus, a WSi_2 film with a thickness of 3800 Å is formed on the silicon substrate 14 (Figure 1(b)).

Thus, the reaction of the silicon substrate 14 with the raw material gas is made uniform by forming a thin film of the same material as that of the surface of the susceptor 11, so that a uniform thin film is obtained.

Because the low-temperature WSi_2 film 15 may be a so-called undercoat film that only functions as the same catalyst as the surface member of the susceptor 11, it may be much thinner than the WSi_2 film thickness that is ultimately required. Therefore, it is preferable to form a thin and uniform film by a low-temperature treatment.

A comparative test of the above-mentioned method and a conventional method was carried out, and its experiment results are shown in Figure 2.

Figure 2(a) shows experimental results for the method of this invention. Figure 2(b) shows experimental results for a conventional method for forming a film by a high-temperature treatment. In the figures, the numerical values described in terms of X and Y axes of the semiconductor wafer 14 show a sheet resistance value (unit Ω/cm^2) for each part. Also, the semiconductor wafer 14 used in the experiment was a silicon wafer with a diameter of 5 in, and a wafer in which a SiO_2 is formed on its surface was used.

The experimental conditions are as follows.

Experimental conditions

① 実施例方法	② 従来方法
(1) 低温処理工程	(1) 高温処理工程のみ
③ 処理温度 360 °C	⑤ 処理温度 680 °C
原料ガス	原料ガス
$WF_6 + SiH_4$	$WF_6 + SiH_2Cl_2$
処理時間	処理時間
100sec	200sec
膜厚 900 Å	膜厚 2900 Å
(2) 高温処理工程	
④ 処理温度 680 °C	
原料ガス	
$WF_6 + SiH_2Cl_2$	
処理時間	
200sec	
膜厚 2900 Å	

Key: 1 Method of an application example

2 Conventional method

3 (1) Low-temperature treatment process

Treatment temperature 360°C

Raw material gas

 $WF_6 + SiH_4$

Treatment time

100 sec

Film thickness 900 Å

4 (2) High-temperature treatment process

Treatment temperature 680°C

Raw material gas

 $WF_6 + SiH_2Cl_2$

Treatment time

200 sec

Film thickness 2900 Å

- 5 (1) Only high-temperature treatment process
 Treatment temperature 680°C
 Raw material gas
 $\text{WF}_6 + \text{SiH}_2\text{Cl}_2$
 Treatment time
 200 sec
 Film thickness 2900 Å

The experimental results were summarized in the following table.

Table of experimental results

	① 実施例方法	② 従来方法
膜厚 ③	3800 Å	2900 Å
ユニフォミティ ④	± 7.84%	± 15.14%
比抵抗 ⑤	1150 μ Ω · cm	1100 μ Ω · cm

Key: 1 Method of an application example
 2 Conventional method
 3 Film thickness
 4 Uniformity
 5 Resistivity

Based on the results due of such a comparative experiment, as seen from the above-mentioned table and Figure 2, the uniformity of the film thickness was improved, compared with that of a conventional method, and the sheet resistance value was uniform. Also, because the uniformity obtained by the method of the application example is a numerical value in which the uniformity in forming the low-temperature WSi_2 film is also

considered, if the film formation control is carried out to improve further the uniformity of the low-temperature WSi_2 , the improvement of the uniformity is further realized.

Also, according to the method of this application example, the low-temperature WSi_2 film 15 and the high-temperature WSi_2 film 16, which have a slightly different film quality, are formed on the silicon substrate 14; however, in the postprocess, because the low-temperature WSi_2 film 15 is diffused into the high-temperature WSi_2 film 16 by an annealing treatment and made uniform, no problems based on differences in film quality arise. Also, because the WSi_2 film after the annealing treatment was a film quality equivalent to WSi_2 due to a conventional high-temperature treatment, the adhesion with the substrate to be treated was not different from that of a conventional method. *(high temp treatment of)*

On the other hand, as the CVD apparatus for realizing the method of this invention, various apparatuses are considered. However, for example, as shown in Figure 3, in case a multichamber CVD apparatus equipped with several chambers is used mainly around a vacuum loadlock chamber 21, for example, a first chamber 22, a second chamber 23, and a third chamber 24 are respectively constituted as a cleaning treatment chamber, a low-temperature WSi_2 film formation chamber, and a high-temperature WSi_2 film formation chamber, and the substrate 25 to be treated may be treated by sequentially moving these chambers 22, 23, and 24 through the vacuum loadlock chamber 21.

Also, in case a single chamber type CVD apparatus shown in Figure 4 is used, after the low-temperature treatment of the substrate 25 to be treated is finished, the substrate 25 to be

treated is once conveyed into a vacuum loadlock 32 from a chamber 31, and the inside of the chamber 31 is adjusted to an atmosphere for a high-temperature treatment. Then, the substrate 25 to be treated may be carried again into the chamber 31 and treated.

Also, in any treatment of each above-mentioned apparatus, it is preferable to be held to a vacuum atmosphere during the conveyance.

In the above-mentioned application example, the method for forming the WSi_2 film as a metal silicide film was explained; however, this invention is not limited to it. For example, this invention can also be applied to a method for forming other metal silicide films such as MoSi_2 and TiSi_2 .

Thus, the method of this invention can also be easily applied by using an existing CVD apparatus, and its application effect is great.

Effect of the invention

As explained above, according to this invention, a film with excellent adhesion with a substrate to be treated and uniformity can be formed; furthermore, a method for forming a metal silicide film in a short film formation time with an excellent productivity can be realized.

Brief explanation of the figures

Figure 1 is a cross section of a substrate to be treated for explaining a method for forming a WSi_2 by the method of an application example of this invention. Figure 2 shows comparative experimental results of the method of the application example and

a conventional method. Figures 3 and 4 show examples of a CVD apparatus to which the method of this invention is applied.

Figure 5 is a cross section of a substrate to be treated for explaining a conventional method for forming a film.

- 11 Susceptor
- 12 WSi_2 film
- 13 Polysilicon film
- 14 Silicon substrate
- 15 Low-temperature WSi_2 film
- 16 High-temperature WSi_2 film

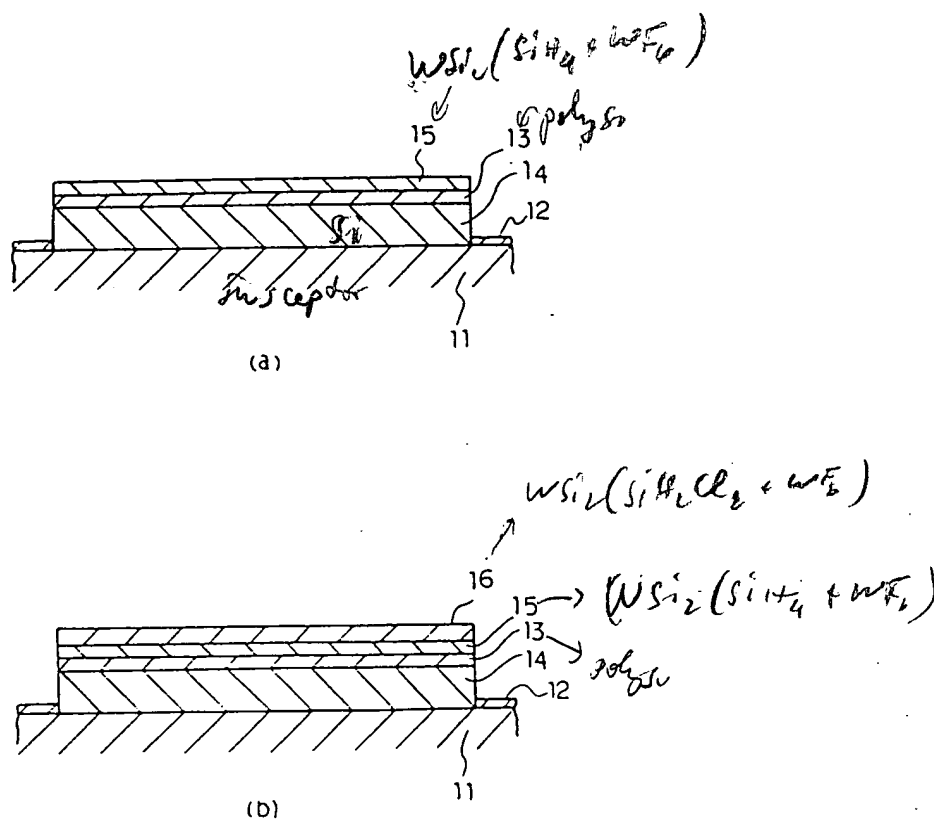
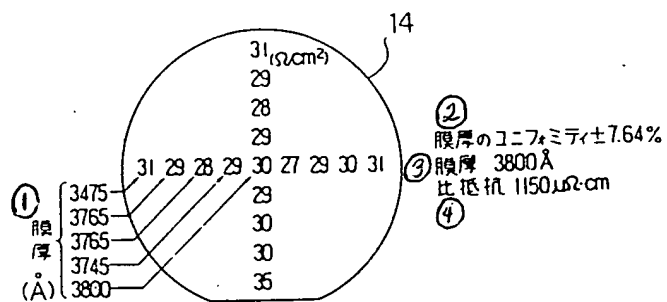
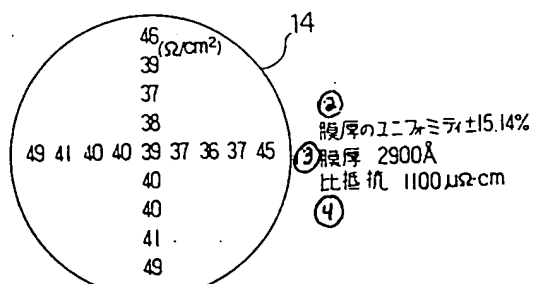


Figure 1



(a)



(b)

Figure 2

Key: 1 Film thickness (Å)
 2 Uniformity of the film thickness
 3 Film thickness
 4 Resistivity

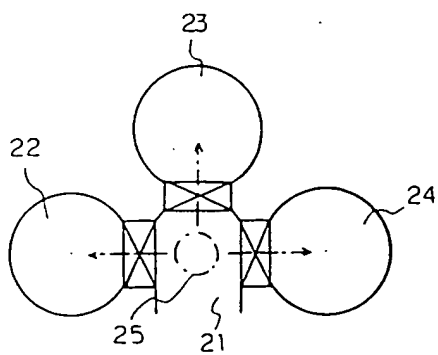


Figure 3

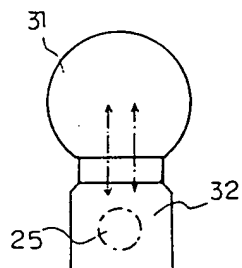


Figure 4

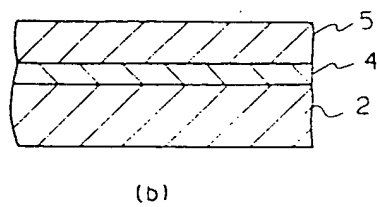
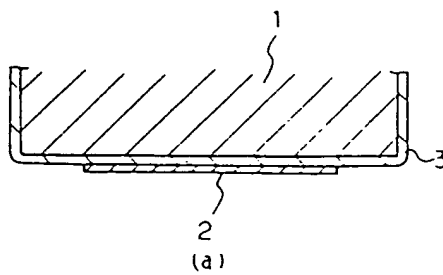


Figure 5